バイポーラ・トランジスタの使いかたを考える（15）

石塚　峻

電源トランスの設計はOPTなみにむずかしい

音を悪くしない電源トランスの使いかた

電源回路で音は変わります．増幅回路より変化が大きいくらいです．音のよい平滑用コンデンサ，音をよくするチョーク・インプット用インダクタ，音のよいダイオード，10数万もする整流管，電灯線から入るノイズをカットする前置トランス，音のよい交流電源を作るジェネレータ…，etc.

かくいう私も，半波整流の音は濁ごりがなく低音もしっかりしている，と主張しましたし，いまだに有効な意味を持つと考えているトランスの1次電圧を200Vで特注したり，負荷抵抗の60%までサプライ・インピーダンスを上げろという“抵抗インプット”方式などを提案してきました．

それでいながら，両波整流の2つの巻線抵抗値を合わせてダイオードのペアを揃えれば，両波整流でも十分いける，と主旨を変えています．さらに一歩進めて，4本のブリッジを揃えれば，音が悪いと嫌われていた全波整流が最良の電源になる，とさえいい出しています．

よくまあ，コロコロといいぶんを変えたものです．しかし，それでもなおパーツやデバイスの音に話を持っていくよりは，少しはマシなことをいったつもりです．

現に，ダイオードをペア組みし，センター・タップから両巻線間の抵抗値の違いを合わせると，ダイオードや平滑コンデンサの銘柄による音の違いは極端に小さくなっていったのです．

さて，音の要めと思われるトランスの音をよくする使いかたとして，西日本の60Hz地域で使うべし，という意見があります．これは話が逆なのです．60Hz地帯で使われるトランスは，不用意に50Hzで使うと危険なことさえあるのです．

アメリカで使われる1次電圧117Vのトランスを日本に持ってきて，電灯線電圧を117Vに昇圧して使うと，同様のトラブルが起こることがあります．アメリカの交流周波数が60Hzだからです．

60Hzで使うトランスを50Hzで励磁すると，磁束密度は20%上がります．60Hzでギリギリに設計されたトランスでは，50Hzでは磁気飽和を起こしてしまうのです．だからこそ，高価だがジェネレータをトランスの前に入れ，発振周波数を60Hz，あるいはもっと大きくするのだ，という製品もあります．

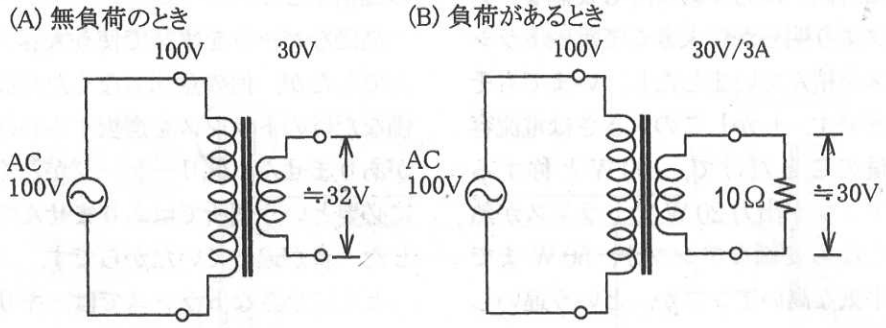
しかし，これは電源トランスの設計が不適当なだけです．

かつては定格表示された電力を取り出すと，発熱して煙を出すパワー・トランスがあちこちで売られていました．さすがにいまでは煙こそ上げなくなったようですが，相変わらず発熱は相当なものです．

はっきりいいますと，市販の電源トランスは，火を吹かなければよいくらいのものであって，音のよし悪しを議論する以前の，電力伝送もおぼつかない有様なのです．これははなはだ基本的な話です．

電源トランスの現状

1次 側100V，2次 側30V/3Aという表示のトランスは90VAという規格です．現物はそこそこ小さ



〈第1図〉無負荷時は5%ほど2次電圧が高く，3A流して定格電圧になる

なもので，さほど高いものではありません．電源トランスは安ければいい，と思われています．この“安い”がクセ者なのですが，とりあえず2次側を無負荷にすると，**第1図 (A)** でのように2次電圧は32Vくらい，あるいはもう少し高く出ます．この30V端子に10Ωをターミネートしますと，ここで始めて30Vになります（**第1図B**）．トランスがそうなるように，2次側の巻線を数%巻き足しているのです．

しかし，90W分を電灯線から取り出すと，トランスの温度は上がります．この温度上昇は55℃あってもいいことになっています．周囲温度が50℃ならば，トランスの温度は105℃にまで上がるのです．そこで，実際には定格の6掛けとか半分で使うのがノウハウとなっているのです．

しかし，これはおかしい．こんなことをしなければならないとなると，かならず音も悪くなるのです．

(1) トランスは重いほど音がいいか

パワー・アンプをA_1級にはまずしませんから，トランスがギリギリであっても，通常の出力でトランスが異常に発熱することはまずありません．それでも，音を決定しているのはパワー・ウェイトだ，と主張した評論家がかってはいたくらいです．

確かに，高価なパワー・アンプは，同一出力であっても安価なアンプより明らかに大きくて重いトランスを積んでいましたし，いまでもそうです．しかしこの大きさは電流容量のことだけで，100Wと称するアンプが出力20Wでトランスが熱くなる安価なアンプか，50Wまで平気な高いアンプか，という違いしかありません．

確かに，昔からいわれていたようにトランスの電流容量を大きくすれば音はしっかりしてきます．

(2) 同一定格でも音は違う

しかし，2次側30V/6A，180VAのトランスから3A取り出して90VAとして使うくらいならば，もうひとつの方法があります．

1次を200Vとし，2次側を60V/3Aとして作らせます．こちらも180VAというキャパシティは変わりがありません．1次を100Vのコンセントに入れて，2次側を30V/3Aとして使うことになります．こちらは2次側電流容量はギリギリです．その代わり磁束密度は半分になっているのです．

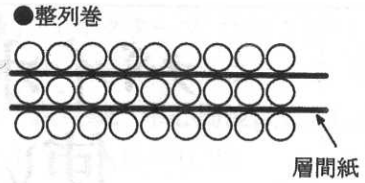
どちらの音がいいか．一聴しただけで，1次200Vのトランスの音がいいのです．音質上の最適値を求めるべきは磁束密度だったのです．

もっとよい例を挙げてみます．トランジスタ・パワー・アンプの出力段とプリドライバ段の電源をトランスから分離すると，それこそ音は一変します．こんなこと常識ですが．

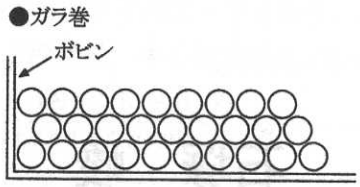
さて，故大春五郎氏はトランスからの電源分離をそれこそ徹底して行ったのですが，プリドライバ段にたいへん高価だった旧タンゴ製の低リーケージ・フラックス型を使っていました．電流容量にして10倍くらいの規格のトランスです．電流容量だけならば同じかむしろ大きい汎用トランスが，その10分の1ぐらいの価格でした．

高価なパーツを平気で使う大春さんでしたが，何の意味もなくただ高価なだけのトランスを選択するわけがありません．低リーケージがとくに必要という個所ではありませんでした．音が違っていたからです．

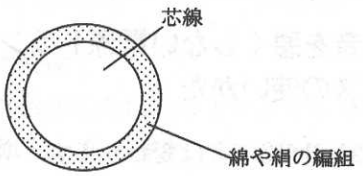
とくに小さなトランスでは，ギリギリまで高磁束密度にする傾向があります．しかし，リーケージ・フラックスを下げるのが至上目的とあれば，ショート・リングにハム・プルーフ・ベルトを加えただけでは無理で，磁束密度そのものを下げなければならないのです．



〈第2図〉層間紙を使った整列巻き



〈第3図〉ボビンを使ったガラ巻き



〈第4図〉綿や絹の編組は絶縁はよくない

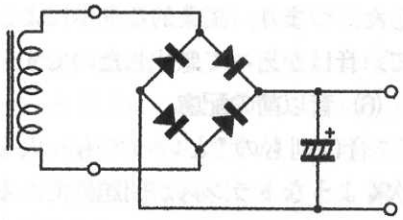
すると，タンゴ・トランスは磁束密度を自分のところで設定できた数少ないメーカーだったということです．しかしながら，2次側の2巻線はバランスしていませんでした．

いや，タンゴ・トランスの悪口をいっているのではなく，2次側の2巻線をセンター・タップでバランスさせたトランスはいまだに皆無なのです．

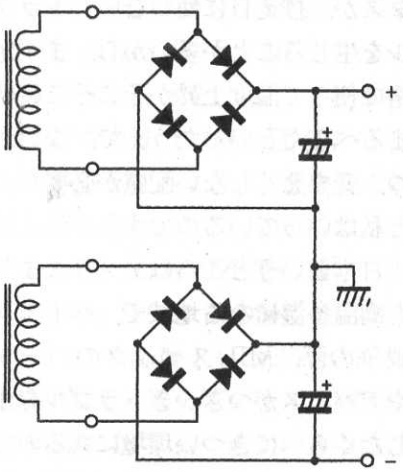
ショート・リングやハム・プルーフ・ベルトははずした方が開放的な音になります．つまり，音を悪くする手法だということです．このマイナス分を差し引いても，低磁束密度化は音の点で明らかなメリットがあったのです．

(3) 低磁束化はコスト大になる

あるとき私が特注したトランスは，1次200V，2次50V/7A，つまり350VAというそこそこに大き



〈第7図〉全波ブリッジ整流



〈第9図〉全波整流を2つ使う±電源

ば，トランスがどう設計されたかわかり，何とか復元することができました．

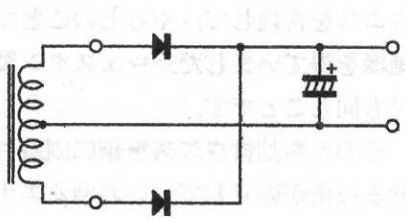
まず工業製品として瑕疵がないのが当り前だ，と私はいいたいのです．“音がよい”はずのヴィンテージ品は，音以前に電気製品として問題になるシロモノが少なくないので，この点は声を大にしていっておきたいと思います．

アメリカ製でこの有様です．イギリス製やドイツ製の古物はもっと危険と考えてください．

音響用トランスの考えかた

音のよし悪しを論議すると，工業製品として大丈夫だからそれでいいというわけには行きません．

磁束密度の適正値も巻線の電流密度も，ともに音を聴きながら決める必要があるのです．このへんの設計をトランス・メーカーに要求するのは筋違いで，音響設計の側が決めるのが当然なのですが，現状は磁束密度も電流密度もトランス・メーカーに任せたうえで，奇妙な要求だけするようです．何をかいわんや，でしょう．



〈第8図〉両波＝2相半波整流効率は悪い

もっともトランス・メーカーも，巻線屋に終止しているところが少なくないようです．チョーク・コイルは自己インダクタンスの産物であり，相互インダクタンスの“トランス”とは違います．“チョーク・トランス”というようなメーカーは，トランスの本質がわかっていないと思います．

電源トランスは，1次側に直流こそ流していないが，シングル・アンプ用OPTと同様と考えなくてはいけません．電灯線は単相3線式の200Vで家庭に引き込まれています．その片方がコンセントに来ていて，一方は接地されているのです（**第6図**）．

完全バランス巻きのBW-PP-5Kのように対称巻きで作れば十分，とはならないのです．

2次側は**第7図**のブリッジ式全波整流を前提にします．**第8図**の両波（2相半波）整流のためのセンター・タップは効率をわざわざ悪化させているので無意味ですが，直流アンプ用の電源はセンター・タップではなく，**第9図**のバランス巻きの独立2巻線が必要です．

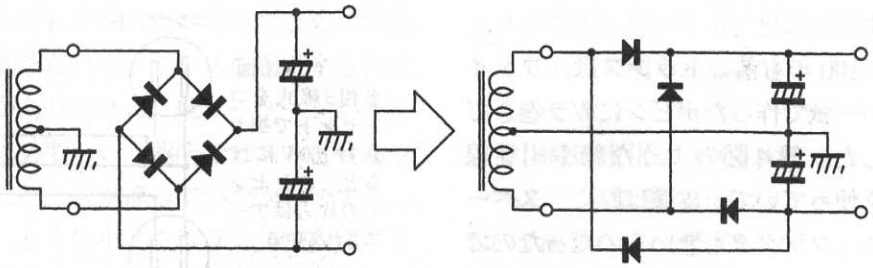
2巻線をセンター・タップ接続し，ひとつのダイオード・ブリッジで±2電源にするのは，2相半波による2電源になってしまいます（**第10図**）．それぞれ全波整流にすると，4個のブリッジを2ペア，8個のダイオードの特性を合わせなければなりません．バランスをとるということは，案外面倒なことなのです．

第11図のチョーク・インプットはあえて行いません．チョーク・コイルの磁束を半減させて使っても，“チョーク・コイルの音”が重なるのです．チョーク・コイルを使ったπ型フィルタを使うくらいならば，**第12図**の疑似インダクタを使ってください．鉄芯入りコイルの性能は電解コンデンサとは比較にならないほど劣っています．

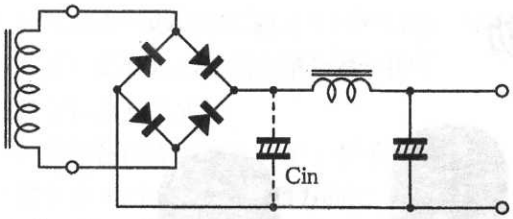
1次巻線と2次巻線の間に静電シールドを入れても，思ったほどノイズが低下しなかった経験をお持ちのかたが少なくないはずです．

1次，2次間の線間容量でノイズが伝わる，というモデルは成立しません．1次と2次の巻線を離せばノイズが遮断できるとでもいうのでしょうか．そんなことはありません．コアが導体である以上，**第13図**のようにコアと巻線間に静電結合が生じているからです．

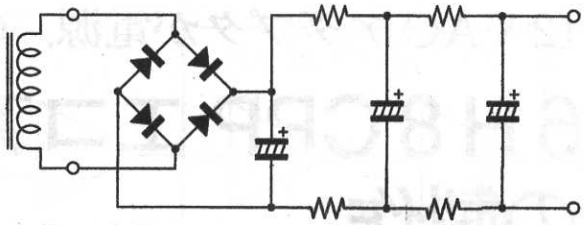
たいいち，問題になるのはノルマル・モードではなく，アンバランスに起因するコモン・モードなのです．したがってトランスの前にトランスを入れても大差がないのです．音響用の電源トランスの要諦は，ひ



〈第10図〉ダイオード・ブリッジで整流していても実は2相半波整流



〈第11図〉
チョーク入力では臨界電流 I_0 を流すことが必要．Cin を入れたπ型は使わない



〈第12図〉等価インダクタでチョークをはずした方がよい

とえにどこをバランスさせるかにかかっているのです．

もうひとつ，巻線の絶縁がよくなりすぎたための線間の帯電がクセモノです．絶縁が破れかかった古物が案外いい音を出したりするのですが，しかし，あえて申し上げますが，これは危険です．5Aのヒューズでよかったはずが，10Aでないとすぐに飛ぶなんて場合は要注意です．ヒューズを徐々に大きくしていって，挙句の果てに火を吹いた実例もあります．

帯電防止は別に施すのです．ノーメックスがダメで，ただの紙がよいのがそのいい例です．層間紙にノーメックスは使ってはいけません．もちろん音を悪くするからで，絶縁性も耐熱性も耐圧も，ノーメックスは圧倒的に優れています．だから，帯電してしまうのです．

トランスのメリットとは何か

“磁束密度だの，電流密度だのと面倒な話ばかりではないか．いっそのこと電源トランスをはずせばいいではないか”と私も考えました．

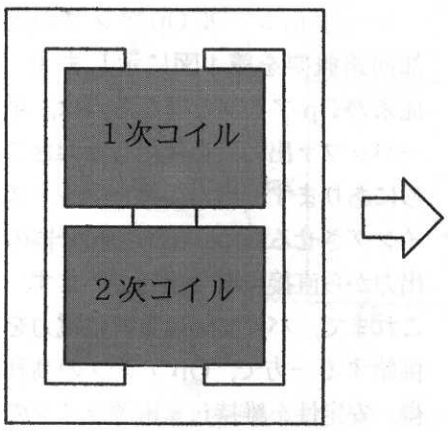
“抵抗インプット”で使うと，半波整流ですから整流電圧が45Vになります．2倍圧で90V，3倍圧で135Vです．抵抗こそ発熱しますが．

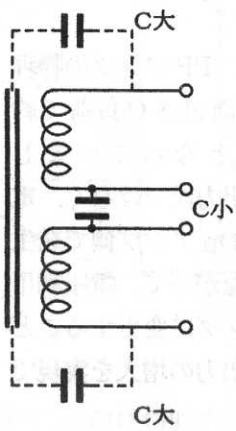
よくよく考えても，電源トランスのメリットは電灯線ラインからの絶縁でしかなく，デメリットだけは山のようにあるのです．絶縁を定電流回路で行えば何とかなるのでしょうか．なればいいのですが．

残念なことに，定電流回路程度では“絶縁”とはいえませんでした．問題は，電灯線ラインからの絶縁と，コモン・モードの遮断が決定的に重要だ，ということです．それも，電源トランスのデメリットとトレードオフができないくらいなのです．

絶縁破壊が起こらない限り，どんなに安物のトランスでも，一応は電源ラインから少なくとも直流では機器を絶縁できています．

ということは，コモン・モード・ノイズをどれだけ遮断できるかが，電源トランスの“音のよさ”であり，信号用トランスと同等あるいはそれ以上に注意深く設計されてしかるべきなのです．いまのいままで“オーディオ用電源トランス”が作られなかったのが不思議なことだったのです．シャーシに触れても感電しないことが電源トランスの役目としか思ってはいなかったのではないか，とはいいすぎでしょうか．





〈第13図〉
1次と2次を重ねずに巻いたツイズ・カット・トランスは線間容量こそ小さいが，巻線とコア間の静電容量はとても大きい

役割に応じた設計を

プッシュプル用OPTの役割は，1次結合によって真空管にプッシュプル動作をさせることでした．周波数特性を広帯域かつフラット化するという，いわば枝葉にこだわるあまり，1次結合をおろそかにしたトランスに反対し，本質に戻した設計を行ったのがBW-PP-5Kでした．

電源トランスもまたしかりで，50Hzまたは60Hzの電灯線ラインの周波数だけを通し，ラインに乗ったコモン・モードを遮断するのが役割ということです．

100Vラインですので，BW-PP-5Kの流用というわけにはいきませんので，今度も染谷電子を開発のパートナーとして選び，無理難題を吹っかけています．

以前から等々力氏にプリアンプ用OPTを，できればシングルでと依頼されていましたので，いいタイミングかと思いました．ヒータ用定電流回路をキット化して欲しいという要求もあり，私自身も，浮動電源でも十分使える出用段用や電圧増幅段用電源を作りたいとも思っていたのです．OPTと同等か，それ以上に面倒なものになるとは思いますが，音はまちがいなく変わると思います．何とか実現させたいものです．